

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 42 (1964)

Heft: 5

Artikel: Entwicklung einer Doppestrahleinheit für das 2000-MHz-Richtstrahlnetz = Développement d'une antenne directive pour le réseau hertzien de télévision dans la bande des 2000 MHz

Autor: Wilhelm, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875164>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklung einer Doppelstrahleinheit für das 2000-MHz-TV-Richtstrahlnetz

Développement d'une antenne directive pour le réseau hertzien de télévision dans la bande des 2000 MHz

Zusammenfassung. Für das schweizerische Telephonie-Richtstrahlnetz wird seit einigen Jahren ein Leichtbau-Parabolspiegel von 4,3 m Durchmesser verwendet. Um den gleichen Parabolspiegel auch im Fernseh-Richtstrahlnetz brauchen zu können, musste eine neue Strahleinheit entwickelt werden, die nach dem Cassegrain-Prinzip arbeitet. Der Primärstrahler aus hochwertigem Dielektrikum und der Hilfsreflektor in Form eines Hyperboloides sind als Einheit in einem Fiberglaszylinder zusammengefasst und vor Witterungseinflüssen geschützt. Die neue Strahleinheit ist für zwei Polarisierungen ausgelegt, die mit Steckeranschlüssen für 50-Ω-Koaxialkabel versehen sind. Sie arbeitet im Frequenzbereich 1700...2300 MHz mit einem Reflexionsfaktor von $r = 0,05$.

Résumé. Depuis quelques années, on utilise pour le réseau suisse de téléphonie par faisceaux hertziens un miroir parabolique de construction légère de 4,3 m de diamètre. Pour pouvoir employer ce paraboloïde dans le réseau de télévision par faisceaux hertziens, on a dû mettre au point une nouvelle unité de rayonnement fonctionnant d'après le principe du système Cassegrain. La source primaire, constituée par un diélectrique de haute qualité, et le réflecteur auxiliaire en forme d'hyperboloïde sont groupés en un cylindre de fibre de verre isolé hermétiquement de l'atmosphère. Ce nouvel ensemble est conçu pour deux polarisations, avec raccords coaxiaux par fiches de 50 ohms d'impédance; il travaille dans la gamme de fréquence de 1700...2300 MHz, avec un facteur de réflexion de $r = 0,05$.

Riassunto. Unità irradiante doppia per la rete di ponti radio televisivi a 2000 MHz. Un'antenna parabolica di costruzione leggera e di 4,3 m di diametro viene utilizzata da alcuni anni nella rete svizzera di ponti radio per la telefonia. Per permetterne l'uso anche nella rete hertziana televisiva, abbiamo dovuto elaborare una nuova unità irradiante che funziona secondo il principio Cassegrain. Il radiatore primario, in dielettrico d'alta qualità, e il riflettore ausiliario a forma d'iperboloide sono riuniti in un cilindro di vetro speciale che li protegge dalle influenze atmosferiche. La nuova unità irradiante è prevista per due polarizzazioni, è munita di prese per cavo coassiale di 50 Ω e lavora nella gamma da 1700 a 2300 MHz con un fattore di riflessione $r = 0,05$.

1. Allgemeines

Für schweizerische Verhältnisse scheint der Vollparabolflektor die geeignete Form von Richtantennen zu sein, besonders im Blick auf Platzbedarf, Befestigungsmöglichkeiten und Montage auf Höhenstationen. Im Sinne einer Normalisierung der Richtstrahlantennen hat man bei den schweizerischen PTT-Betrieben beschlossen, den für das 4000-MHz-Band eingeführten Leichtbau-Parabolspiegel von 4,3 m Durchmesser auch für das 2000-MHz-Band zu verwenden. Da für diesen Spiegel auf 2000 MHz keine Strahleinheit (Erreger des Parabols) bestand, wurde selber eine solche entwickelt.

2. Forderungen an Antennen für Breitband-Richtstrahlsysteme

Bei frequenzmodulierten Übertragungen durch Richtstrahlverbindungen erzeugen bekanntlich Fehlanpassungen zwischen Sender beziehungsweise Empfänger und Antenne Dämpfungsverluste und Laufzeitverzerrungen, die um so unangenehmer, je breiter die zu übertragenden Bänder sind. Deshalb besteht eine der Hauptforderungen in der guten Anpassung der Antenne, das heisst die Hochfrequenzenergie soll reflexionsfrei an den Raum abgestrahlt werden.

Um die Streckendämpfung der Richtstrahlverbindungen mit genügender Reserve zu überbrücken, erwartet man von der Antenne einen grossen Wirkungsgrad beziehungsweise Gewinn. Demgegenüber stellt sich die Forderung nach grosser Nebenzipfeldämpfung.

1. Généralités

Le réflecteur parabolique semble être la forme d'antenne directive appropriée aux conditions suisses, principalement en regard de l'encombrement, des possibilités de fixation et de montage dans les stations de montagne. Dans le dessein de normaliser les antennes à faisceau dirigé, les PTT se sont décidés à utiliser pour la bande des 2000 MHz le miroir parabolique de construction légère de 4,3 m de diamètre déjà introduit pour la bande des 4000 MHz.

2. Conditions à remplir par les antennes à faisceau dirigé à bande large

Pour les transmissions en modulation de fréquence par faisceaux hertziens, une mauvaise adaptation entre l'émetteur (ou le récepteur) et l'antenne entraîne des pertes et provoque de la distorsion due aux temps de propagation différents. Ces pertes et cette distorsion sont d'autant plus désagréables que la bande à transmettre est large. C'est pourquoi l'antenne doit être bien adaptée, c'est-à-dire que l'énergie haute fréquence doit rayonner dans l'espace sans réflexion. Pour couvrir, avec une réserve suffisante, la perte de transmission d'une liaison donnée, on demande de l'antenne un gain élevé. Mais d'autre part on exige aussi de l'antenne qu'elle atténue fortement les lobes secondaires. Avec le nombre croissant de liaisons par faisceaux hertziens, il est possible qu'une antenne rayonne avec ses lobes latéraux dans la direction non désirée d'une autre station et soit la cause de dérangements. Pour cette même raison,

Bei der zunehmenden Zahl Richtstrahlverbindungen ist es ohne weiteres möglich, dass eine Antenne mit ihren Nebenmaxima in eine nicht gewünschte Verbindung leuchtet und damit Störungen verursacht. Aus dem gleichen Grunde muss auch die Rückstrahldämpfung gross sein.

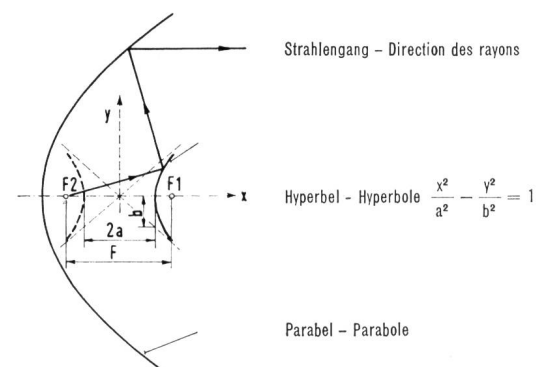
Zur Verbesserung der Übersprechdämpfung ist es ferner nützlich, für das «Hoch- und Tiefband» getrennte Polarisationsrichtungen zu verwenden.

3. Konstruktive Möglichkeiten

Der Parabolspiegel, als grossflächiger Sekundärstrahler, wird durch einen Primärstrahler, dessen Phasenzentrum im Brennpunkt des Spiegels liegt, erregt.

Verwenden wir als Primärstrahler einen Dipol, so kann die Speiseleitung durch den Parabolscheitel in der Achse des Parabols zugeführt werden, wobei die Speiseleitung direkt als Halterung für den Dipol dienen kann und somit für das Strahlungsdiagramm nicht sehr störend wirkt. Es ist schwierig, mit dieser Konstruktion eine breitbandige Impedanzanpassung zu erreichen.

Leuchtet man den Spiegel mit einem üblichen Hornstrahler aus, so verläuft die Speiseleitung bei Verwendung von Koaxialkabeln in einem Bogen von 90° am Parabolrand vorbei, oder bei Verwendung von Hohlleitern in einem Bogen von 180° zum Parabolscheitel. Im einen Fall muss der Hornstrahler mit mindestens drei massiven Stützen fixiert werden, die im Strahlungsfeld liegen, was natürlich die Impedanzanpassung und das Strahlungsdiagramm verschlechtert. Im andern Fall kann der Hohlleiter direkt als Träger des Hornstrahlers verwendet werden und braucht nur noch mit drei dünnen Abspannseilen versteift zu werden. Diese Konstruktion wird in bezug auf Abmessungen und Gewicht des Hohlleiters



F1 = Fokus der Parabel und der Hyperbel - Foyer de la parabole et de l'hyperbole
 F2 = Fokus des Stielstrahlers und der Hyperbel - Foyer de l'antenne diélectrique et de l'hyperbole
 $F = 2\sqrt{a^2 + b^2}$
 $m = \frac{F + 2a}{F - 2a} = 5,5$ für diese Strahlheit - pour cette source primaire
 m = Aperturvergrösserung - Agrandissement de l'ouverture de l'hyperbole

Fig. 1
 Prinzip der Zweirefektorentenne
 Principe de l'antenne à double réflexion

le rapport des rayonnements avant et arrière doit aussi être élevé.

En vue de diminuer la diaphonie, il est souhaitable d'utiliser des polarisations différentes pour les bandes supérieure et inférieure.

3. Possibilités de construction

Le miroir parabolique, en tant qu'élément rayonnant secondaire de grande surface, est excité par une source primaire dont l'origine des phases se trouve au foyer du miroir. Si nous utilisons comme source primaire un dipôle, la ligne d'alimentation peut être menée à travers le sommet du miroir parabolique dans son axe. Ainsi, la ligne d'alimentation peut servir de support pour le dipôle et ne nuira que peu au diagramme de rayonnement. L'inconvénient d'une telle construction est la mauvaise adaptation qui en résulte pour les hyperfréquences. Si le miroir est excité par un cornet, la ligne d'alimentation décrira, dans le cas d'un câble coaxial, un arc de 90° depuis le bord du miroir parabolique, dans le cas d'un guide d'onde un arc de 180° depuis le sommet de la parabole. Dans le premier cas, il faut, pour fixer le cornet, au moins trois appuis massifs qui seront dans le champ de l'antenne; cela a pour conséquence de réduire la qualité de l'adaptation et celle du diagramme de rayonnement. Dans le dernier cas, le guide d'onde supporte directement le cornet d'émission; il suffit de l'immobiliser avec trois haubans fins. Vu les dimensions et le poids du guide d'onde, cette solution n'est acceptable qu'à partir de fréquences de l'ordre de 4 GHz. Cette solution rend cependant difficile l'emploi simultané de deux polarisations.

4. Principe de la nouvelle source primaire à double polarisation

Les ondes électromagnétiques sont émises dans l'axe en direction de l'ouverture de la parabole à l'aide d'un cornet ou de tout autre émetteur. Elles sont tout d'abord réfléchies par une surface hyperbolique vers le miroir parabolique d'où, par une seconde réflexion, elles rayonnent dans l'espace (fig. 1). L'alimentation peut en conséquence se faire directement depuis le sommet de la parabole.

Ce principe de double réflexion n'est pas nouveau. Toutefois, des réalisations pratiques n'ont été faites que récemment sous le nom de *système Cassegrain* ou *d'antenne Schwarzschild*. Par la suite, nous désignerons par «source primaire» l'ensemble formé par le cornet et l'hyperboloïde. Les conditions à remplir par un tel élément sont les suivantes:

- L'impédance, indépendante de la fréquence, doit correspondre à celle de la ligne d'amenée (dans notre cas un câble coaxial).
- Le diagramme de rayonnement doit être symétrique par rapport à l'axe du paraboloïde. En direction du bord du miroir, c'est-à-dire à 90° , le champ doit tomber à 10 dB de la valeur maximum.

erst im Frequenzbereich von 4 GHz vernünftig. Es ist auch schwierig, auf diese Weise mit zwei Polarisationen zu arbeiten.

4. Prinzip der neuen Doppelstrahleinheit

Die elektromagnetischen Wellen werden in der Achse Richtung Parabolöffnung mit Hilfe eines Horns oder sonstigen Strahlers ausgesendet, an einer hyperbolischen Fläche reflektiert, um dann von der Parabolfläche an den Raum abgestrahlt zu werden (Fig. 1). Die Speiseleitung kann demzufolge von der Scheitelplatte her zugeführt werden.

Das Zweirefektorenprinzip zur Ausleuchtung von Parabolspiegeln ist nicht neu, doch wurden praktische Ausführungen erst in jüngster Zeit unter dem Namen *Cassegrain-System* oder *Schwarzschildantennen* bekannt.

Horn und Hyperboloid zusammen bezeichnen wir nun als Strahleinheit. Die an eine solche Strahleinheit gestellten Bedingungen sind:

- Eine der Speiseleitung (in unserem Fall Koaxialkabel) entsprechende frequenzunabhängige Impedanz.
- Einen rotationssymmetrischen Feldstärkeverlauf, der in Richtung auf den Spiegelrand, das heisst bei 90° auf 10 dB des Maximalwertes abgesunken ist.
- Ein möglichst punktförmiges Phasenzentrum.
- Kleine Abmessungen und Befestigungseinrichtungen, damit das Strahlungsfeld nicht abgedeckt wird.
- Die Strahleinheit muss auf unseren Höhenstationen starken Vereisungen in elektrischer und mechanischer Hinsicht standhalten können.

5. Praktische Ausführung

Als Primärstrahler verwenden wir einen sogenannten Stielstrahler oder Dielektrikumstrahler an Stelle eines üblichen Horns. Die Gründe hierfür liegen in den kleinen Dimensionen, der guten Impedanzanpassung sowie der Richtcharakteristik entsprechend dem gewünschten Strahlengang des Systems. Mit Hilfe von dielektrischen Stoffen lässt sich nämlich eine elektrische Welle sowohl fortleiten als auch abstrahlen. Die Strahlung erfolgt vorwiegend in Richtung der grössten Längenausdehnung; wir erhalten so den Stielstrahler. Um die Seitenlappen und die Reflexion klein zu halten, verjüngt man den Dielektrikumstrahler in der Wellenfortpflanzungsrichtung; aus den gleichen Gründen wurde beim Übergang vom runden Hohlleiter auf freies Dielektrikum ein kleiner Exponentialtrichter aufgesetzt. Die Einkopplung des Koaxialsystems in die Strahleinheit geschieht für jede Polarisationsrichtung im Dielektrikum mit Hilfe einer $\lambda/4$ -Sonde, die den TE_{11} -Modus im runden Hohlleiter anregt. Die Impedanz der Einkopplung ist auf 50Ω normalisiert, und als Stecker wurde der Typ IEC-50/17 (Spinner 13/30) verwendet. Der Re-

- L'origine des phases doit être la plus ponctuelle possible.
- Les dimensions doivent être réduites et le système de fixation léger, pour que le champ rayonné ne soit pas masqué.
- La source primaire doit résister au point de vue électrique et mécanique à la glace pouvant se former dans nos stations de montagne.

5. Réalisation pratique

Comme élément primaire, nous utilisons une antenne diélectrique appelée «antenne cierge» à la place du cornet habituel. Les raisons de ce choix sont: des dimensions restreintes, une bonne adaptation et les caractéristiques de directivité souhaitées. Les matériaux diélectriques permettent aussi bien de conduire une onde électromagnétique que de la faire rayonner. Le rayonnement a lieu principalement dans la direction de la plus grande dimension; c'est ce qui caractérise l'antenne diélectrique en cierge. Pour que les lobes latéraux et la réflexion soient petits, le diélectrique est aminci dans le sens de propagation de l'onde; pour les mêmes raisons, la transition entre le guide d'onde cylindrique et la partie libre du diélectrique est effectuée par un petit entonnoir exponentiel. L'adaptation entre le système coaxial et la source primaire s'effectue pour chaque direction de polarisation dans le diélectrique à l'aide d'une sonde en quart d'onde, qui excite le mode TE_{11} dans le guide

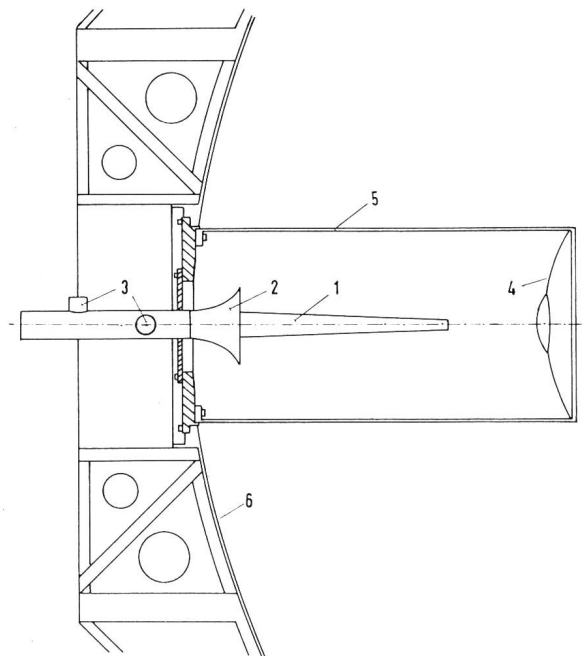


Fig. 2

Konstruktion der Zweirefektorenanenne
Construction de l'antenne à double réflexion

- 1 = Stielstrahler - Antenne cierge
- 2 = Anpasstrichter - Entonnoir exponentiel
- 3 = Einkopplungen - Adaptations
- 4 = Primärreflektor - Réflecteur primaire
- 5 = Fiberglaszylinder - Cylindre en fibre
- 6 = Parabolspiegel 4,3 m \varnothing - Miroir parabolique 4,3 m \varnothing

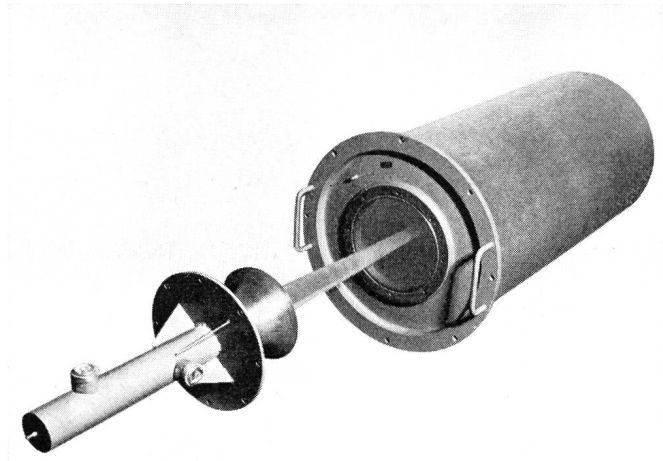


Fig. 3

Strahler und Reflektor

Élément rayonnant primaire: Antenne cierge et réflecteur hyperbolique

Le réflecteur des Primärstrahler, das Hyperboloid, wird durch einen 3 mm dicken Fiberglaszylinder gehalten, der seinerseits zugleich den Stielstrahler schützt. Die ganze Strahleinheit ist auf der Scheitelplatte des 4,3-m-Parabolspiegels aufgebaut. Der Hohlraum des Fiberglaszylinders ist luftdicht abgeschlossen und kann geheizt oder an ein Zirkulationssystem mit trockener Luft angeschlossen werden (Fig. 2-4).

Die beiden Feedanschlüsse sind ausserhalb des Zylinders angeordnet. Um die Stabilität unserer Anordnung zu überprüfen, haben wir im Winter einen Versuch während dreier Monate auf dem Säntis durchgeführt (Fig. 5). Die Stabilität konnte durch ein eingebautes optisches Messsystem im Innern des Zylinders täglich überwacht werden. Die mechanischen Deformationen bei stärkster Vereisung betragen weniger als einen Millimeter.



Fig. 5

d'onde circulaire. L'impédance de l'adaptation est normalisée à 50Ω , et une fiche du type IEC-50/17 (Spinner 13/30) est utilisée. Le réflecteur de la source primaire, en forme d'hyperboloïde, est tenu par un cylindre en fibre de verre de 3 mm d'épaisseur, qui protège en même temps l'antenne diélectrique. L'élément primaire entier est fixé sur la plaque de sommet du miroir parabolique de 4,3 m. L'intérieur du cylindre en fibre de verre est isolé hermétiquement de l'atmosphère; il peut être chauffé ou être raccordé à un système de circulation d'air desséché (fig. 2 à 4).

Les connexions des deux lignes d'alimentation sont situées à l'extérieur du cylindre. Pour contrôler la

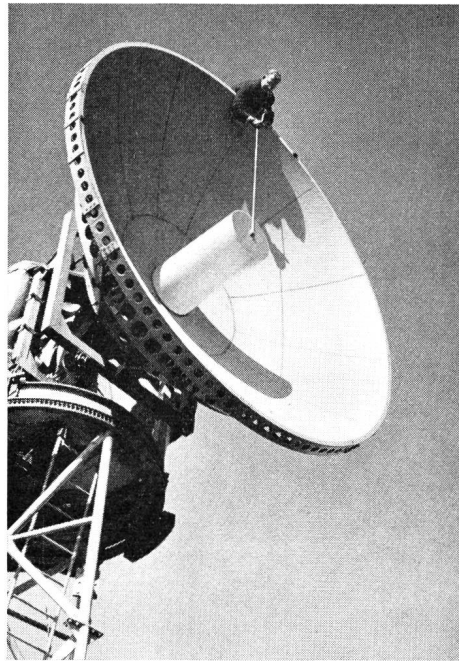


Fig. 4

Neue Strahleinheit in den 4,3-m-Parabolspiegel eingebaut
Nouvel élément rayonnant primaire monté dans un miroir parabolique de 4,3 m \varnothing

stabilité de notre dispositif, nous l'avons essayé pendant trois mois au Säntis (fig. 5). La stabilité pouvait être contrôlée quotidiennement à l'aide d'un dispositif optique situé à l'intérieur du cylindre. Même lors des plus forts givrages, les déformations mécaniques restèrent bien en dessous d'un millimètre.

6. Résultats

Le problème que pose la protection de grands miroirs paraboliques fut à l'origine du développement de cette nouvelle source primaire pour la bande des 2000 MHz. On voulait disposer cet élément à l'intérieur du paraboloïde, pour que le radome ne soit pas percé par le feeder. En outre, jusqu'à présent, on se voyait souvent contraint d'ériger devant le miroir une plate-forme pour le montage et le réglage de l'antenne. La nouvelle source primaire, ayant été réglée en laboratoire, peut être montée très rapide-

6. Resultate

Die ursprüngliche Idee, die zur Entwicklung der neuen Strahleinheit im 2000-MHz-Band führte, war das Problem der Abdeckung grosser Parabolspiegel. Man wollte die Strahleinheit innerhalb der Öffnungsfläche des Parabols anordnen, damit die Abdeckhaube vom Feed nicht durchdrungen wird. Für die Montage und Einstellung der bisherigen Strahleinheiten war man oft gezwungen, vor dem Parabolspiegel eine Plattform aufzubauen. Die neue Strahleinheit kann auf einer Höhenstation, nachdem sie im Labor fixfertig abgeglichen wurde, von zwei Mann sehr rasch von hinten in einen beliebigen 4,3-m-Parabolspiegel eingesetzt oder im Falle einer Beschädigung auch ausgewechselt werden.

Die dazu benötigte Montagezeit beträgt etwa eine Stunde. Da die Strahleinheit rotationssymmetrisch montiert wird, ist es auch sehr einfach, die Polarisationsrichtung zu ändern, ohne die Feedanschlüsse vertauschen zu müssen. Es ist auch möglich, bei Bedarf 45°-Polarisation einzustellen.

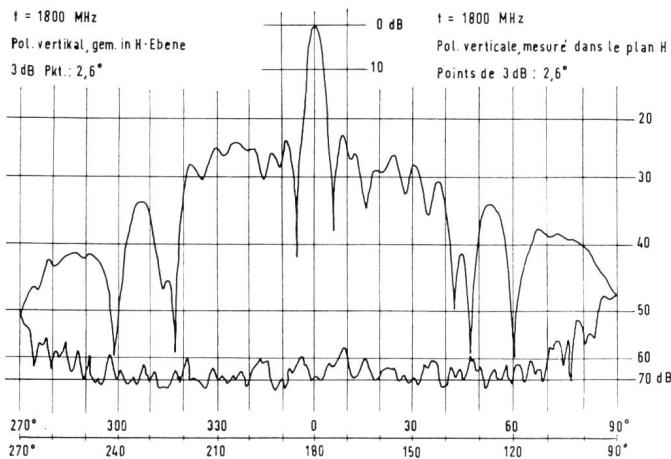


Fig. 7

Richtstrahlcharakteristik «Tiefband»

Diagramme de rayonnement pour la bande inférieure

An der neuen, in einen 4,3-m-Parabolspiegel eingesetzten Doppelstrahleinheit wurden folgende Resultate gemessen:

- Frequenzbereich:** 1675...2320 MHz, aufgeteilt in vordere und hintere Einkopplung, entsprechend «Hochband» und «Tiefband».
- Antennengewinn** bezüglich isotropem Strahler bei 2000 MHz: $35,2 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$, theoretischer Wert 36 dB.
- Impedanz:** 50Ω , coaxial IEC-50/17.
- Reflexion (Fig. 6):**
 «Tiefband» (1682...1861 MHz) maximal 5%.
 «Hochband» (2118–2315 MHz) maximal 6%.
 Dieses Resultat gilt einschliesslich Steckerreflexion.
- Die **Polarisationsdämpfung** beträgt mindestens 23 dB.

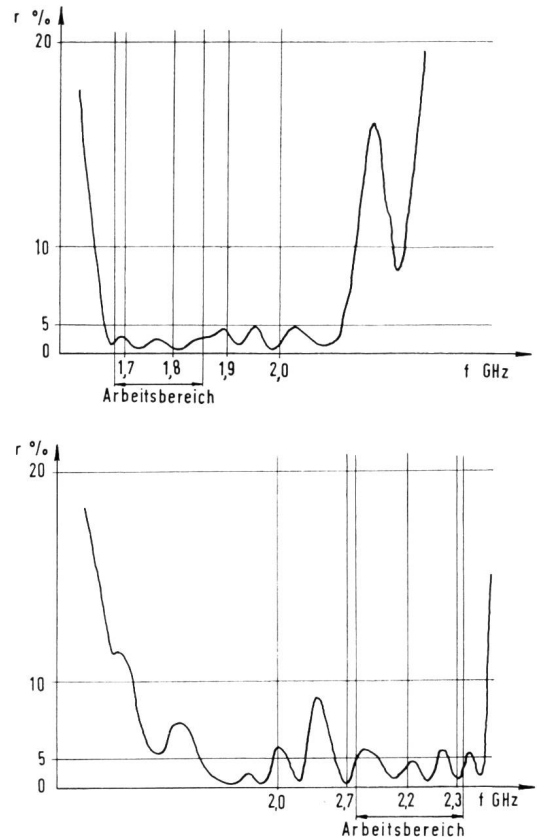


Fig. 6

Reflexionskurven für «Hoch- und Tiefband»

Réflexions en fonction des bandes inférieure et supérieure

ment par deux hommes depuis l'arrière d'un quelconque miroir de 4,3 m; elle peut aussi être remplacée en cas de détérioration.

Le travail de montage dure environ une heure.

Comme cet élément possède un axe de symétrie, il est aussi très simple de modifier la polarisation sans intervertir les connexions des lignes d'alimentation; au besoin, il est aussi possible d'introduire

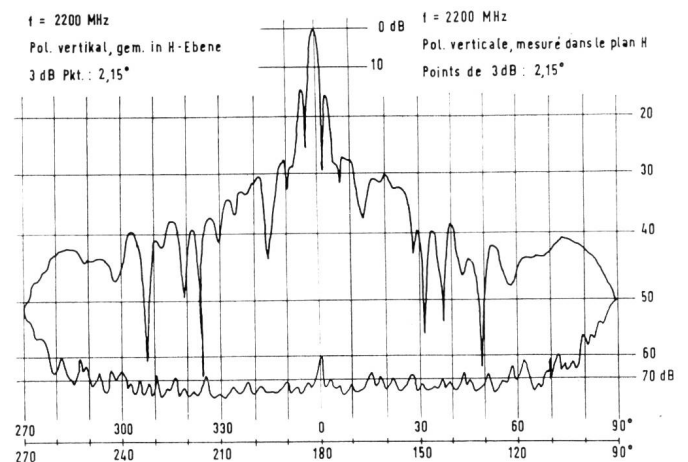


Fig. 8

Richtcharakteristik «Hochband»

Diagramme de rayonnement pour la bande supérieure

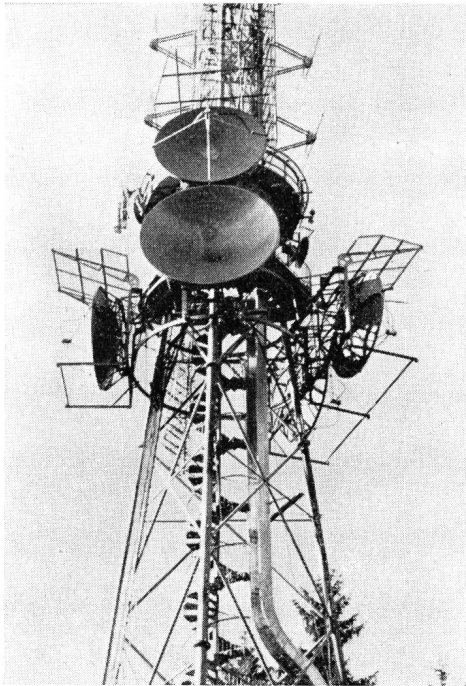


Fig. 9

- f) Die *Richtcharakteristik* für das «Hoch- und Tiefband» geht aus den *Figuren 7 und 8* hervor.
- g) *Vor-Rückwärts-Verhältnis*: etwa 60 dB.
- h) *Gewicht* der vollständigen Strahleinheit rund 30 kg.

Es sind bereits verschiedene mit der neuen Strahleinheit versehene Antennenanlagen mit gutem Erfolg in Betrieb genommen worden. Bis jetzt sind keine nennenswerten Nachteile zutage getreten. Auf *Figur 9* erkennt man den 4,3-m-Parabolspiegel mit eingesetztem Strahler neben drei älteren Parabolantennen, ebenfalls für 2000 MHz, deren Strahleinheit aber noch ausserhalb des Spiegels angeordnet ist. Zurzeit sind Versuche im Gange zur Entwicklung einer Breitband-Strahleinheit mit einem Frequenzumfang von 3,6...8,2 GHz. Die Konstruktion ist der hier beschriebenen analog; an Stelle des Stielstrahlers wird jedoch ein Hornstrahler verwendet. Die ersten Resultate sind ermutigend. Über das ganze Frequenzband gemessen, steigt die Reflexion höchstens auf 6% an, wobei in gewissen Frequenzbereichen eine bedeutend bessere Impedanzanpassung erreicht werden konnte.

une polarisation de 45°. On a mesuré les caractéristiques suivantes de cette source primaire, montée dans un miroir parabolique de 4,3 m:

- a) *Gamme de fréquence*: 1675...2320 MHz, divisée en deux bandes de fréquence, inférieure et supérieure, correspondant aux deux polarisations.
- b) *Gain d'antenne* rapporté à une antenne isotrope à 2000 MHz: 35,2 dB \pm 0,5 dB, valeur théorique 36 dB.
- c) *Impédance*: 50 Ω , coaxial IEC-50/17.
- d) *Réflexion (fig. 6)*:
Bande inférieure (1682...1861 MHz) max. 5%.
Bande supérieure (2118...2315 MHz) max. 6%.
Dans ce résultat sont incluses les réflexions dues aux connecteurs.
- e) *L'atténuation due à la polarisation* est de 23 dB au moins.
- f) Le *diagramme de rayonnement* pour les bandes supérieure et inférieure est donné dans les *figures 7 et 8*.
- g) Le *rapport des rayonnements avant et arrière* est d'environ 60 dB.
- h) *Poids* de la source primaire complète: environ 30 kg.

Plusieurs antennes équipées de la nouvelle source primaire ont déjà été mises en service et donnent entière satisfaction. Jusqu'à maintenant, aucun inconvénient notable n'est apparu. Sur la *figure 9*, on peut voir le miroir parabolique de 4,3 m de diamètre avec le nouvel élément rayonnant; à côté se trouvent les anciennes antennes paraboliques, également pour 2 GHz, avec l'ancien élément rayonnant monté en dehors du miroir.

Actuellement, des essais sont en cours pour développer une source primaire à large bande utilisable de 3,6 à 8,2 GHz. Comme pour l'antenne mentionnée ci-dessus, on utilise un cornet à la place d'une antenne cierge. Les premiers résultats sont encourageants. Pour toutes les fréquences de la bande, le coefficient de réflexion mesuré reste au-dessous de 6%. Cependant, pour certains domaines de fréquences, une adaptation beaucoup meilleure a été obtenue.